



(19) 日本国特許庁 (J P)

# (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-273839

(43) 公開日 平成11年(1999)10月8日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

H05B 3/20  
C04B 37/00

識別記号

356

F I

H05B 3/20  
C04B 37/00

356

Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-74500

(22) 出願日 平成10年(1998)3月23日

(71) 出願人 000004547

日本特殊陶業株式会社  
愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号

(72) 発明者 末松 義朗  
愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日  
本特殊陶業株式会社内

(72) 発明者 野田 芳朗  
愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日  
本特殊陶業株式会社内

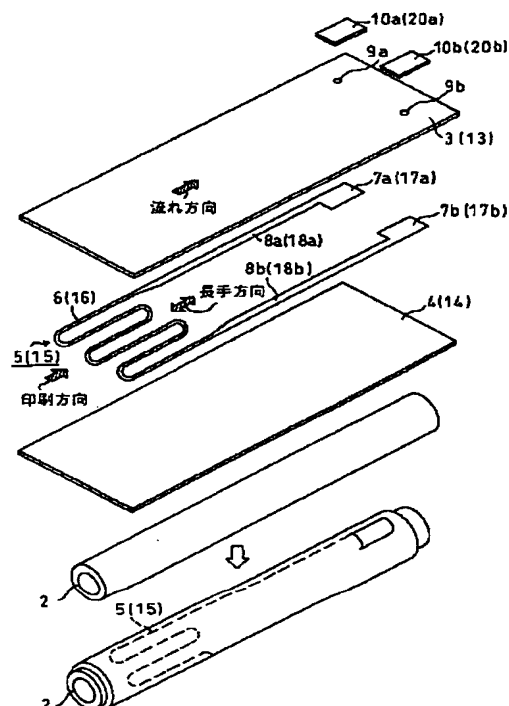
(74) 代理人 弁理士 足立 勉

(54) 【発明の名称】 セラミックヒータの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 セラミックヒータの寸法ばらつきを低減するとともに、ヒータパターン印刷厚みのばらつきを低減できるセラミックヒータの製造方法を提供すること。

【解決手段】 ドクターブレード法により所定の流れ方向にグリーンシートを作製し、グリーンシート上にヒータパターンを印刷し、その後焼成するセラミックヒータの製造方法において、ドクターブレード法によるグリーンシート13の流れ方向と、ヒータパターン15の長手方向と、ヒータパターン15のうち少なくとも発熱パターン16の印刷方向とを一致させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ドクターブレード法により所定の流れ方向にグリーンシートを作製し、該グリーンシート上にヒータパターンを印刷し、その後焼成するセラミックヒータの製造方法において、

前記ドクターブレード法による前記グリーンシートの流れ方向と、前記ヒータパターンの長手方向とを一致させることを特徴とするセラミックヒータの製造方法。

【請求項 2】 ドクターブレード法により所定の流れ方向にグリーンシートを作製し、該グリーンシート上にヒータパターンを印刷し、その後焼成するセラミックヒータの製造方法において、

前記ドクターブレード法による前記グリーンシートの流れ方向と、前記ヒータパターンのうち少なくとも発熱パターンの印刷方向とを一致させることを特徴とするセラミックヒータの製造方法。

【請求項 3】 ドクターブレード法により所定の流れ方向にグリーンシートを作製し、該グリーンシート上にヒータパターンを印刷し、その後焼成するセラミックヒータの製造方法において、

前記ドクターブレード法による前記グリーンシートの流れ方向と、前記ヒータパターンの長手方向と、前記ヒータパターンのうち少なくとも発熱パターンの印刷方向とを一致させることを特徴とするセラミックヒータの製造方法。

【請求項 4】 前記グリーンシートの流れ方向に対して、前記ヒータパターンの少なくとも発熱パターンの印刷方向を垂直とすることを特徴とする前記請求項 1 に記載のセラミックヒータの製造方法。

【請求項 5】 前記グリーンシートの流れ方向に対して、前記ヒータパターンの長手方向を垂直とすることを特徴とする前記請求項 2 に記載のセラミックヒータの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば自動車用酸素センサ、グローシステム、半導体加熱用、石油ファンヒータ等に使用されるセラミックヒータの製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より、例えば酸素センサには、その検出素子の加熱のために、平板状や円筒状のセラミックヒータが使用されている。例えば円筒状のセラミックヒータは、例えばアルミナからなる円筒状のセラミック基材（セラミック碍管）の表面に、ヒータパターンが形成されたグリーンシートが巻きつけられて、一体焼成されたものである。

【0003】 この種のセラミックヒータは、通常、下記①～③の手順にて製造される（特開平 1 - 2 2 5 0 8 7 号公報及び特開平 4 - 3 2 9 2 9 1 号公報参照）。

①まず、ドクターブレード法により、例えばアルミナを主成分とするスラリーを原料として、帯状のグリーンシートを連続して形成する。

【0004】 ②次に、このグリーンシートを所定寸法にカットした後に、グリーンシート上に、例えばタングステン等の高融点金属を有するペーストを用いて、スクリーン印刷等のペースト印刷法により、ヒータパターンを厚膜印刷して形成する。

③次に、ヒータパターンを形成したグリーンシートを、セラミック基材の表面に積層し、一体焼成する。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、上述した方法で、グリーンシート上にヒータパターンを形成する場合には、焼成してセラミックヒータを形成した際に、その長手方向や幅方向に寸法ばらつきが発生するという問題があった。

【0006】 また、ヒータパターンをペースト印刷する場合には、ヒータパターンの印刷厚みがばらつき、結果として、焼成後のヒータ抵抗値がばらつくという問題もあった。本発明は、上記の問題点を鑑みてなされたものであり、セラミックヒータの寸法ばらつきを低減するとともに、ヒータパターンの印刷厚みのばらつきを低減できるセラミックヒータの製造方法を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成するための請求項 1 の発明では、ドクターブレード法により所定の流れ方向にグリーンシートを作製し、グリーンシート上にヒータパターンを印刷し、その後焼成するセラミックヒータの製造方法において、ドクターブレード法によるグリーンシートの流れ方向と、ヒータパターンの長手方向とを一致させることを特徴とするセラミックヒータの製造方法を要旨とする。

【0008】 本発明では、グリーンシートの流れ方向とヒータパターンの長手方向とを一致させているので、焼成によるセラミックヒータの寸法ばらつきを低減できる。本発明は、各種の実験の結果得られたものであり、本発明により寸法ばらつきを低減できる正確な理由は明確ではないが、ドクターブレード法によりグリーンシートを作製する際に、その流れ方向と垂直方向とでは割掛け（収縮の割合）が異なり、また、グリーンシートの流れ方向ではスラリーの粒子の配向が揃っていると推定されるので、その粒子の配向が揃う流れ方向にヒータパターンの長手方向を一致させることにより、収縮に影響を及ぼす要素が揃って、寸法ばらつきが低減すると考えられる。

【0009】 請求項 2 の発明は、ドクターブレード法により所定の流れ方向にグリーンシートを作製し、グリーンシート上にヒータパターンを印刷し、その後焼成するセラミックヒータの製造方法において、ドクターブレード

10

20

30

40

50

ド法によるグリーンシートの流れ方向と、ヒータパターンのうち少なくとも発熱パターンの印刷方向とを一致させることを特徴とするセラミックヒータの製造方法を要旨とする。

【0010】本発明では、グリーンシートの流れ方向と少なくとも発熱パターンの印刷方向とを一致させているので、発熱パターンの印刷厚みのばらつきを低減でき、それにより、ヒータパターンの抵抗値のばらつきを低減できる。本発明は、各種の実験の結果得られたものであり、本発明により印刷厚みのばらつきを低減できる正確な理由は明確ではないが、ドクターブレード法によりグリーンシートを作製する際に、その流れ方向と垂直方向とでは表面の凹凸の状態が異なり、流れ方向の方が表面の凹凸が少ないので、流れ方向と印刷方向とを一致させることにより、印刷厚みのばらつきが低減すると考えられる。

【0011】請求項3の発明は、ドクターブレード法により所定の流れ方向にグリーンシートを作製し、グリーンシート上にヒータパターンを印刷し、その後焼成するセラミックヒータの製造方法において、ドクターブレード法によるグリーンシートの流れ方向と、ヒータパターンの長手方向と、ヒータパターンのうち少なくとも発熱パターンの印刷方向とを一致させることを特徴とするセラミックヒータの製造方法を要旨とする。

【0012】本発明では、グリーンシートの流れ方向と、ヒータパターンの長手方向と、発熱パターンの印刷方向とを全て一致させるので、寸法ばらつきが低減するとともに、発熱パターンの長手方向における印刷厚みのばらつきが低減して、ヒータ抵抗値のばらつきが低減する。

【0013】尚、発熱パターンの印刷方向だけでなく、ヒータパターン全体の印刷方向をもグリーンシートの流れ方向と一致させる場合には、ヒータパターン全体の印刷厚みがばらつきを低減して、一層ヒータ抵抗値のばらつきを低減できる。請求項4の発明では、グリーンシートの流れ方向に対して、ヒータパターンの少なくとも発熱パターンの印刷方向を垂直とする。

【0014】本発明は、発熱パターンの印刷方向を例示したものであり、本発明では、グリーンシートの流れ方向と、ヒータパターンの長手方向とを一致させるが、発熱パターンの印刷方向は前記流れ方向及び長手方向とは垂直にしている。つまり、本発明では、3つの方向のうち印刷方向のみが異なるが、流れ方向及び長手方向は一致しているので、寸法ばらつきが低減する効果がある。

【0015】請求項5の発明では、グリーンシートの流れ方向に対して、ヒータパターンの長手方向を垂直とする。本発明は、ヒータパターンの形成方向を例示したものであり、本発明では、グリーンシートの流れ方向と、発熱パターンの印刷方向とを一致させるが、ヒータパターンの長手方向のみを前記流れ方向及び印刷方向とは垂

直にしている。

【0016】つまり、本発明では、3つの方向のうち長手方向のみが異なるが、流れ方向及び印刷方向は一致しているので、印刷厚みのばらつきが低減する効果がある。尚、前記ヒータパターンとしては、主として発熱を行う発熱パターンと発熱パターンに通電するリードパターン及び端子パターンとからなるものが挙げられる。

【0017】前記発熱パターンとしては、蛇行する発熱パターンが挙げられる。ここで、ヒータパターンの長手方向と発熱パターンの長手方向とは、一致する場合（図2参照）と異なる場合（図4参照）とがある。また、前記グリーンシートとしては、アルミナ（ $Al_2O_3$ ）を主成分とする材料からなるものが挙げられる。

【0018】前記ヒータパターンの材料として、高融点材料である、白金（Pt）、白金-ロジウム（Rh）、モリブデン（Mo）、タングステン（W）等が挙げられる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明のセラミックヒータの製造方法の例（実施例）を説明する。

（実施例）

（1）まず、本実施例の方法によって製造されるセラミックヒータの構造について説明する。

【0020】図1に示す様に、本実施例のセラミックヒータ1は、丸棒状であり、円筒状のセラミック基材（アルミナ罫管）2の周囲に、アルミナを主成分とする第1セラミック層3及び第2セラミック層4が積層されており、この第1セラミック層3及び第2セラミック層4の間に、タングステンを主成分とするヒータ部5が配置されている。

【0021】このヒータ部5は、図2に分解して示す様に、セラミックヒータ1の先端側で何度も蛇行する発熱部6と、セラミックヒータの後端側に配置されて電源側と接続される陽極側端子部7a及び陰極側端子部7bと、発熱部6及び端子部7を接続する一対のリード部8a、8bとから構成されている。

【0022】また、第1セラミック層3には、各リード部8a、8bと対応して導通部9a、9bが形成されている。この導通部9a、9bとは、第1セラミック層3のスルーホールの内表面に導電層が形成されたものである。更に、導通部9a、9bのヒータ部5と反対側には、各導通部9a、9bにより各端子部7a、7bに各々接続される陽極側端末10a及び陰極側端末10bが形成されている。

【0023】（2）次に、セラミックヒータの製造方法について説明する。尚、前記第1セラミック層3、第2セラミック層4、ヒータ部5、発熱部6、陽極側端子部7a、陰極側端子部7b、リード部8a、8b、陽極側端末10a、陰極側端末10bは、各々、第1グリーンシート13、第2グリーンシート14、ヒータパターン

15、発熱パターン16、陽極側端子パターン17a、陰極側端子パターン17b、リードパターン18a、18b、陽極側端末パターン20a、陰極側端末パターン20bが焼成されて形成されたものであるので、以下の説明では前記図2を用いて説明する。

【0024】a) グリーンシートの作製

まず、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末（純度99.9%、平均粒径1.8 $\mu\text{m}$ ）と、焼結助剤である $\text{SiO}_2$ 粉末（純度99.9%、平均粒径1.4 $\mu\text{m}$ ）と、 $\text{CaO}$ となる $\text{CaCO}_3$ 粉末（純度99.9%、平均粒径3.2 $\mu\text{m}$ ）と、 $\text{MgO}$ となる $\text{MgCO}_3$ 粉末（純度99.9%、平均粒径3.2 $\mu\text{m}$ ）と、必要に応じて添加される $\text{Y}_2\text{O}_3$ 等の微量粉末とを、所定割合（例えば $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末90重量部、 $\text{SiO}_2$ 粉末5重量部、 $\text{CaCO}_3$ 粉末3重量部、 $\text{MgCO}_3$ 粉末2重量部）で配合して、配合物を調製した。

【0025】そして、この配合物100重量部に対し、ポリブチルビニール8重量部、ジブチルフタレート4重量部、メチルエチルケトン及びトルエン70重量部を添加し、ボールミルで混合してスラリー状とした。その後、減圧脱泡して、ドクターブレード法により、厚さ0.3mmの第1グリーンシート13と、厚さ0.20mmの第2グリーンシート14を作製した。

【0026】ここで、ドクターブレード法について説明する。

ドクターブレード法とは、図3(a)に示す様に、容器31から（一方向、即ち流れ方向に移動する）フィルム32上にスラリー33を流して供給する際に、円柱の一部が軸方向に切り欠かれた形状のブレード34にて、スラリー33の層の厚さを調節するものである。

【0027】このフィルム32上に配置されたスラリー33は、フィルム32の移動とともに図示しない乾燥装置によりメチルエチルケトン及びトルエンが適度に蒸発させられ、帯状のグリーンシート35となる。このグリーンシート35は、フィルム32から分離されてリブ36により巻取られる。

【0028】その後、帯状のグリーンシート35は、リブ36から引き出され、所定形状にカットされる。具体的には、図3(b)に示す様に、複数のヒータパターン15を形成できる様に、略正方形に切断されるとともに、各端子パターン17a、17bが形成される位置に、各々スルーホール21a、21bが形成される。

【0029】その後、前記略正方形のグリーンシート上に、一度の複数のヒータパターン15を形成し、更に、各ヒータパターン15に対応した第1グリーンシート13にカットするのであるが、以下では、説明を明瞭にするために、第1グリーンシート13単体にヒータパターン15を印刷する場合を例に挙げて説明する。

【0030】また、後の実験例でも示す様に、ドクターブレード法によるグリーンシート35の形成方向（図2

では、左下方から右上方の流れ方向）と、ヒータパターン15の長手方向（図2では、左下方から右上方の方向）と、ヒータパターン15（特に発熱パターン16）の印刷方向（図2では、左下方から右上方の印刷方向）とは、様々な設定が可能であるが、ここでは、各方向を全て一致させた場合を例に挙げる。

【0031】尚、第2グリーンシート14も、厚さが異なる点及びスルーホール21a、21bがない点などを除き、ほぼ同様なドクターブレード法により作成される。

b) 発熱パターンの印刷

第1グリーンシート13の表面に、予め調節されたタングステンペーストを用いて、厚膜印刷法であるスクリーン印刷を行った。それにより、厚さ25 $\mu\text{m}$ のヒータパターン15を形成した。ここでは、ヒータパターン15の長手方向と印刷方向とを一致させた。尚、ヒータパターン15の長手方向と第1グリーンシート13の長手方向とは、一致している。

【0032】即ち、第1グリーンシート13の上面（図2では圧着時に下方の面となる）、発熱パターン16、陽極側端子パターン17a、陰極側端子パターン17b、リードパターン18a、18bからなるヒータパターン15を、ヒータパターン15の形状に透孔が設けられた金属製のマスク（図示せず）を使用して、厚膜印刷（スクリーン印刷）した。

【0033】c) セラミック成形体の作製

次に、第1グリーンシート13の他表面（図2の上方の面）の所定位置、即ちスルーホール21a、21bに対応する位置に、タングステンペーストを使用してスクリーン印刷を行い、陽極側端末パターン20a及び陰極側端末パターン20bを厚膜印刷した。

【0034】尚、前記タングステンペーストは、W粉末（平均粒径1.5 $\mu\text{m}$ ）、また必要に応じて $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末（平均粒径1.5 $\mu\text{m}$ ）、及びRe粉末（平均粒径1.5 $\mu\text{m}$ ）を、所定の割合（例えばW粉末90重量部、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末10重量部）で配合された配合物100に対して、ポリビニルブチラール5重量部、ブチルカルビドールアセテート20重量部、アセトン70重量部を添加し、ボールミルで混合し、スラリー状とした後、アセトンを乾燥して除去して得られる。

【0035】そして、前記印刷後に、この第1グリーンシート13のヒータパターン15が印刷された表面に、第2グリーンシート14を積層して圧着した。次いで、この第2グリーンシート14の他表面（図2の下方の面）に、アルミナペースト（共素地）を塗布し、この塗布面をアルミナ製磚管2に向けて、第2グリーンシート14をアルミナ磚管2に巻き付け、外周を押圧して、セラミックヒータ成形体を得た。

【0036】d) セラミックヒータ成形体の焼成

上記の様にして得られたセラミックヒータ成形体を、2

50℃で樹脂抜きし、その後、水素炉中で、1550℃で1時間30分間保持して焼成し、第1及び第2セラミック層3、4、発熱部5、両端末部20a、20b、アルミナ導管2が一体化した、前記図1に示すセラミックヒータ1を得た。

(実験例) 次に、本実施例の効果を確認するために行った実験例について説明する。

【0037】①まず、上述した実施例の製造方法にて、(グリーンシートの)流れ方向と(ヒータパターンの)長手方向と印刷方向とを一致させてセラミックヒータを10作成して、実施例の試料No. 1～3とした。そして、このセラミックヒータに対して、ヒータ抵抗値及びシート長のばらつき(最大値と最小値との差)を調べた。その結果を、下記表1に記す。

【0038】ここで、ヒータ抵抗値としては、両端末間の抵抗を測定した。尚、ヒータ抵抗値の目標値は、5.5Ωである。また、シート長としては、焼成セラミック

層の長手方向の寸法を測定した。尚、シート長の目標値は、55.0mmである。

【0039】②同様に、流れ方向と長手方向とを一致させるが、印刷方向は垂直とした本発明の範囲の試料(No. 4～6)を作製し、同様な実験を行った。その結果を、同じく下記表1に記す。

③同様に、流れ方向と印刷方向とを一致させるが、長手方向は垂直とした本発明の範囲の試料(No. 7～9)を作製し、同様な実験を行った。その結果を、同じく下記表1に記す。

【0040】④更に、比較例として、流れ方向に対して、長手方向及び印刷方向を垂直とした本発明の範囲外の試料(No. 10～12)を作製し、同様な実験を行った。その結果を、同じく下記表1に記す。

【0041】

【表1】

	No	シートの流れ方向との関係		ヒータ抵抗値 [Ω]	シート長 [mm]	ヒータ抵抗値のばらつき [Ω]	シート長のばらつき [mm]
		長手方向	印刷方向				
実 施 例	1	同じ	同じ	5.7	55.1	0.4	0.4
	2	↑	↑	5.6	55.2		
	3	↑	↑	5.3	54.8		
	4	同じ	垂直	5.7	55.10	0.9	0.5
	5	↑	↑	5.9	55.2		
	6	↑	↑	5.0	54.7		
	7	垂直	同じ	5.4	54.9	0.5	1.1
	8	↑	↑	5.3	54.5		
	9	↑	↑	5.8	55.6		
比 較 例	10	垂直	垂直	5.6	55.2	1.0	1.3
	11	↑	↑	4.9	54.4		
	12	↑	↑	5.9	55.7		

【0042】この表1から明かなように、本発明の範囲の製造方法により製造されたセラミックヒータは、ヒータ抵抗値やシート長のばらつきが小さく好適である。特に、(グリーンシートの)流れ方向と(ヒータパターンの)長手方向と印刷方向とが一致している試料No. 1～3は、ヒータ抵抗値及びシート長のばらつきが共に小さく好適である。

【0043】また、流れ方向と長手方向とが一致している試料No. 4～6は、シート長のばらつきが小さく好適である。更に、流れ方向と印刷方向とが一致している試

料No. 7～9は、ヒータ抵抗値のばらつきが小さく好適である。

【0044】それに対して、流れ方向に対して、長手方向及び印刷方向が垂直の試料No. 10～12は、ヒータ抵抗値及びシート長のばらつきが共に大きく好ましくない。この様に、本実施例のセラミックヒータの製造方法では、流れ方向に対して、その長手方向や印刷方向が一致しているので、セラミックヒータの寸法ばらつきを低減でき、また、印刷厚みのばらつきを低減して、ヒータ抵抗のばらつきを低減できるという顕著な効果を奏す

る。

【0045】尚、本発明は前記実施例になんら限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の態様で実施することはいうまでもない。

(1) 例えば、前記実施例では、セラミックヒータの形状として、円筒状のものを形成したが、板状のセラミックヒータとしてもよい。

【0046】(2) また、セラミック基材としては、両端に通じる孔の開いた筒状（例えば円筒状）のもの、一端が閉塞された筒状（例えば円筒状）のもの、あるいは孔の開いていない柱状（例えば円柱状）のもの等を採用できる。

(3) 更に、前記実施例では、ヒータパターンと発熱パターンの長手方向が一致している例を挙げたが、例えば図4に示す様に、ヒータパターンと発熱パターンの長手方向が異なってもよい。

【0047】この場合は、グリーンシートの流れ方向とヒータパターンの長手方向とが一致しているが、発熱パターンの長手方向は流れ方向に対して垂直である。尚、この場合は、流れ方向と印刷方向とが一致している。

【0048】

【発明の効果】以上詳述した様に、請求項1の発明では、グリーンシートの流れ方向とヒータパターンの長手方向とを一致させているので、焼成によるセラミックヒータの寸法ばらつきを低減できる。

【0049】請求項2の発明では、グリーンシートの流れ方向と少なくとも発熱パターンの印刷方向とを一致さ

せているので、発熱パターンの印刷厚みのばらつきを低減でき、それにより、ヒータパターンの抵抗値のばらつきを低減できる。請求項3の発明では、グリーンシートの流れ方向と、ヒータパターンの長手方向と、発熱パターンの印刷方向とを全て一致させるので、寸法ばらつきが低減するとともに、発熱パターンの長手方向における印刷厚みのばらつきが低減して、ヒータ抵抗値のばらつきが低減する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 セラミックヒータの一部を破断して示す斜視図である。

【図2】 セラミックヒータを分解して示す斜視図である。

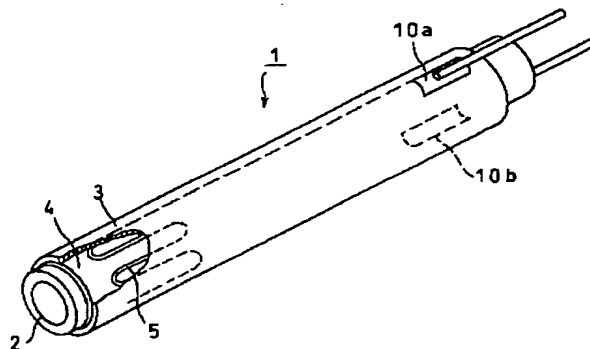
【図3】 セラミックヒータの製造方法を示し、(a)はドクターブレード法の説明図、(b)はグリーンシートのカット方法を示す説明図である。

【図4】 他のセラミックヒータを示す説明図である。

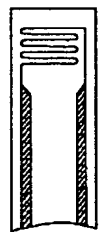
【符号の説明】

- 1…セラミックヒータ
- 3…第1セラミック層
- 4…第2セラミック層
- 5…ヒータ部
- 6…発熱部
- 13…第1グリーンシート
- 14…第2グリーンシート
- 15…ヒータパターン
- 16…発熱パターン

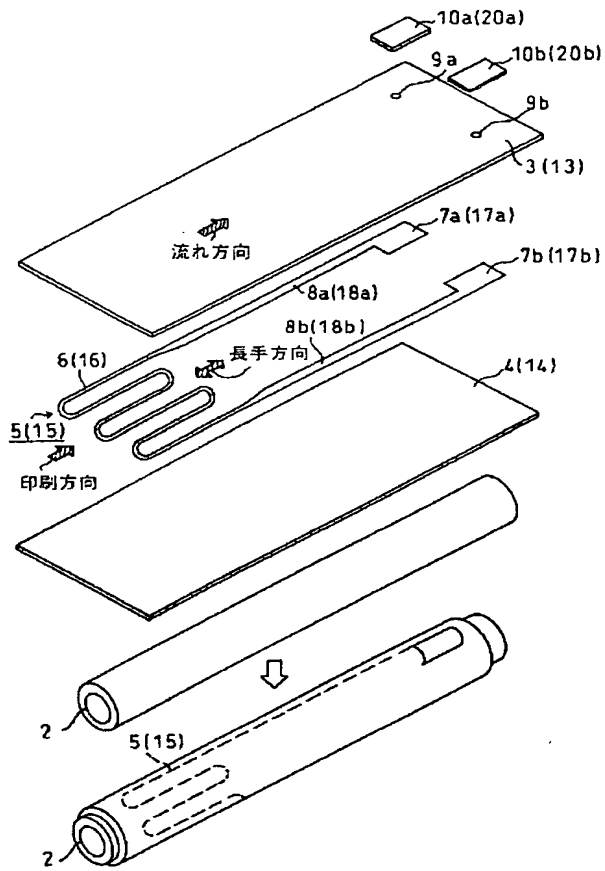
【図1】



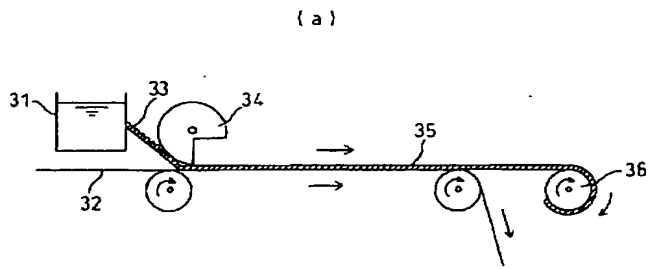
【図4】



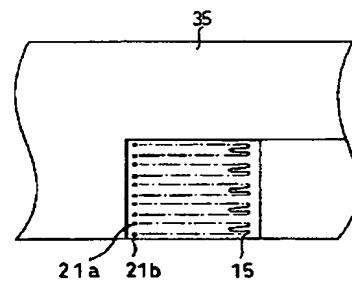
【図 2】



【図 3】



( b )



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-273839

(43)Date of publication of application : 08.10.1999

(51)Int.Cl.

H05B 3/20  
C04B 37/00

(21)Application number : 10-074500

(71)Applicant : NGK SPARK PLUG CO LTD

(22)Date of filing : 23.03.1998

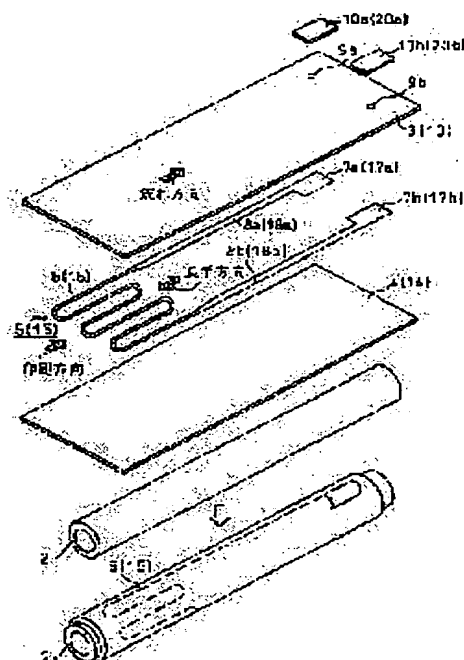
(72)Inventor : SUEMATSU YOSHIRO  
NODA YOSHIRO

## (54) MANUFACTURE OF CERAMIC HEATER

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a manufacturing method for a ceramic heater, capable of reducing size dispersion of the ceramic heater, and reducing the dispersion in a print thickness of a heater pattern.

**SOLUTION:** In a manufacturing method for a ceramic heater, in which a green sheet is made in a designated flow direction by a doctor blade method, a heater pattern is printed on the green sheet and after this, it is baked, the flow direction of the green sheet 13 by the doctor blade method, the longitudinal direction of the heater pattern 15 and at least a printing direction of a heat generating pattern 16 among heater patterns 15 made to coincide.



BEST AVAILABLE COPY